

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**HISTORIA DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN CHIMBORAZO DURANTE EL  
HOLOCENO TARDÍO**

Disertación previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas

**ALEX ISAAC DÉFAZ CARRERA**

**QUITO 2016**

Quito, 05 de Febrero del 2016

### **CERTIFICADO**

Yo, Susana León-Yáñez Directora de la Disertación, Certifico: Que la Disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas del Sr. Alex Isaac Défaz Carrera ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

M.Sc. Susana León Yáñez

Directora de la Disertación

A mis padres

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Msc. Susana León Yáñez por permitirme la realización del trabajo de investigación, además de brindarme todo el apoyo posible en la ejecución de este con sus comentarios y sugerencias. A Andrea Villota por su constante enseñanza sobre la palinología lo cual fue de gran ayuda con sus comentarios y constantes correcciones que permitieron la realización con éxito del trabajo de investigación, a mis compañeros de laboratorio que aportaron en el desarrollo del trabajo. Al Dr. Hermann Behling de la Universidad de Göttingen, Alemania por la colaboración con las dataciones de radiocarbono.

A mis padres, familia y novia que me dieron su apoyo incondicional para la culminación de mi carrera. A mis amigos de la universidad los cuales siempre estuvieron acompañándome durante este arduo proceso de formación.

Este trabajo fue apoyado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador bajo el proyecto Estudios Ecológicos y Paleoecológicos de los Páramos Ecuatorianos L13226.

## TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN .....	1
2. ABSTRACT .....	3
3. MANUSCRITO PARA LA PUBLICACION .....	4
4. ANEXOS .....	35

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa del sitio de estudio cerca al volcán Chimborazo, dentro de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, a una altura de 4200 m.s.n.m, sus coordenadas son 1°28'16.93"S 78°45'32.74'O .....28
- Figura 2.** Diagrama de los registros de polen y esporas en porcentajes, en el núcleo de sedimento del Chimborazo CH1, notar que la escala de algunos taxones está aumentada. **BMB**= Bosque Montano Bajo; **BMB-BMA**= Zona de transición de BMB a BMA; **BMA**= Bosque Montano Alto; **BMA-PAR**= Zona de transición de BMA-PAR; **PAR**= Páramo; **IHU**= Intervención Humana.....29
- Figura 3.** Diagrama de sumatorias de los registros de polen y esporas en porcentajes, en el núcleo de sedimento del Chimborazo CH1. Se observa los diferentes tipos de vegetación, la concentración de carbón (partículas de carbón/cm<sup>3</sup>) y el dendrograma mostrando las diferentes zonas y subzonas. **BMB**= Bosque Montano Bajo; **BMB-BMA**= Zona de transición de BMB a BMA; **BMA**= Bosque Montano Alto; **BMA-PAR**= Zona de transición de BMA-PAR; **PAR**= Páramo; **IHU**= Intervención Humana.....30

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Descripción estratigráfica del núcleo del sedimento extraído del valle de origen glaciar del Chimborazo (CH1) encontrado a 4200 m.s.n.m.....	31
<b>TABLA 2.</b> Dataciones de radiocarbono por medio de la Espectrometría Aceleradora de Masas, del núcleo de sedimento del Chimborazo (CH1).....	32
<b>TABLA 3.</b> Lista de polen identificado y esporas del núcleo del valle de origen glaciar en el volcán Chimborazo CH1.....	33

**LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO 1.** Protocolo de Pre-tratamiento Estándar para muestras de sedimento de polen

fósil .....35



## RESUMEN

Por medio de análisis de polen, esporas y partículas de carbón fósil presentes en muestras de sedimento extraídas de un humedal, se reconstruyó la historia de la vegetación de una localidad del páramo del volcán Chimborazo a 4200 m.s.n.m. en Ecuador. El periodo de análisis se extiende desde los 2800 años antes del presente (AP) hasta la actualidad, época que corresponde al Holoceno tardío. Se distinguieron tres períodos principales, el primero comprendido entre los 2800-1700 años calibrados AP, durante los cuales la vegetación de páramo se encuentra bien establecida y presenta una alta diversidad. En este periodo el Bosque Montano adyacente se muestra estable y la vegetación de transición entre Bosque Montano Alto y Páramo (BMA-PAR) tiene un porcentaje alto de representatividad debido principalmente a la familia Asteraceae. Las esporas de *Phlegmariurus* sp. son abundantes desde hace 2000 años, sugieren un ambiente húmedo y frío. El segundo periodo se extiende desde los 1700 - 400 años cal AP, cuando el Bosque Montano aumenta su representatividad y la zona de transición de BMA-PAR disminuye al igual que el Páramo; los cambios en la composición de la vegetación indican un aumento de la temperatura que concuerda con el Óptimo Climático Medieval. Las esporas de *Phlegmariurus* sp. alcanzan su mayor representación y la zona de estudio continúa dominada por páramo de pajonal húmedo, la alta concentración de partículas de carbón sugieren la presencia de incendios y coinciden con un evento eruptivo del volcán Chimborazo. Finalmente durante los últimos 400 años cal AP, el páramo incrementa aún más su representación sobre todo por la abundancia de Poaceae, Plantaginaceae y Cyperaceae a expensas de otros taxones que se ven disminuidos en importancia. Las esporas de *Phlegmariurus* sp. disminuyen drásticamente, el área de estudio se mantiene dominada por un páramo de pajonal y almohadillas y sugiere una desecación de los cuerpos de agua que es coherente con el aumento de la temperatura durante los últimos 300 años. Además la presencia humana se hace más evidente por el aumento de

Amaranthaceae/Chenopodiaceae, *Muelenbeckia/Rumex* y por la abundancia de partículas de carbón correspondientes a incendios regionales.

**Palabras Claves:** Holoceno, Paleoecología, Chimborazo, Polen y Esporas.

## ABSTRACT

By analyzing pollen, spores and charcoal particles present in samples extracted from fossil sediment at the páramo wetland, we reconstructed the history of the vegetation of a locality at 4200 m of the páramo of the Chimborazo volcano, in Ecuador. The analysis period runs from 2800 cal yr BP to the present, time corresponding to late Holocene. Three main periods were distinguished in: the first period (2800-1700 cal yr BP) páramo vegetation is well established and shows a high diversity. In this period the adjacent Montane Forest is stable over time and, the vegetation transition between Upper Montane Forest and Páramo (BMA-PAR) has a high percentage mainly due to family Asteraceae. *Phlegmariurus* sp. spores are abundant and suggest a wet and cold environment. The second period extends from 1700 to 400 cal yr BP, when the Montane Forest increased its representativity and, the transition zone of BMA-PAR decreased as well as Páramo; the changes in vegetation composition indicate a temperature increase which is consistent with the Medieval Climate Anomaly. *Phlegmariurus* sp. spores reach their highest representation and, the study area is still dominated by wet grassland páramo, the high concentration of charcoal particles suggest the presence of fires and it matches with an eruptive event of the Chimborazo volcano. Finally, during the last 400 yr BP, Páramo increased its representation especially due to the abundance of Poaceae, Cyperaceae and Plantaginaceae at the expense of other taxa that diminished its importance. *Phlegmariurus* sp. spores decreased drastically. The study area remains dominated by a wet grassland and cushion páramo and suggests a desiccation of water bodies consistent with the rise of temperature over the last 300 yr BP. Human presence becomes more evident by the increase of Amaranthaceae/Chenopodiaceae, *Muelenbeckia/Rumex* and the abundance of charcoal particles corresponding to regional fires.

**Keywords:** Holocene, Paleoecology, Chimborazo, Pollen, Spores.

**MANUSCRITO PARA PUBLICACIÓN****REVISTA**

Neotropical Biodiversity

**TÍTULO**

HISTORIA DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN CHIMBORAZO DURANTE EL HOLOCENO TARDÍO

**AUTORES**

Alex Défaz, Andrea Villota, Susana León-Yáñez.

Herbario QCA, Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

e-mail: [alexdefaz@gmail.com](mailto:alexdefaz@gmail.com), [scleon@puce.edu.ec](mailto:scleon@puce.edu.ec)

telf.: 2991700 ext 1921

## INTRODUCCIÓN

El páramo es un ecosistema que está localizado entre los 3000 y los 5000 m.s.n.m aproximadamente, entre el límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas, es una formación exclusiva de los Andes del Norte, con vegetación predominantemente herbácea (1). El páramo es importante por la diversidad de especies y como reserva natural de agua. En el Ecuador muchas ciudades dependen en gran medida de este recurso hídrico, por su gran calidad y para las diferentes actividades como la agricultura, la ganadería entre otras (2).

Las quemas regulares para el uso de pastoreo de ganado y actividades agrícolas, favorecen el dominio de pastizales de páramo (3), además condicionan la distribución de especies de plantas en este ecosistema, disminuyen la capacidad de retención de agua, generan pérdida de la biodiversidad y erosión del suelo (4). Las poblaciones humanas en los Andes de Ecuador se incrementaron durante los últimos 500 años disminuyendo el bosque montano y cambiando la composición a una vegetación abierta para la agricultura (5). Este tipo de cambios en la vegetación son perjudiciales ya que el páramo empieza a desarrollarse en un ambiente disturbado con características de suelo totalmente diferentes a las naturales (6). La deforestación en Ecuador es sumamente preocupante (7)(5), por lo cual realizar estudios acerca de la composición vegetal pasada como presente, es una prioridad para el manejo de la conservación.

Actualmente, poseemos una herramienta útil, la paleoecología, que es clave para entender como los ecosistemas han respondido a los cambios pasados (8)(9), interpretando los datos obtenidos a partir del análisis de sedimentos, basados en el polen y esporas (10). Estos estudios reflejan efectos del cambio climático, causas de las extinciones o disminución a escala regional de los grupos vegetales, impactos del cambio de la vegetación, influencia sobre los ecosistemas lacustres, actividad humana, entre otros (11).

A pesar de los numerosos estudios palinológicos realizados en el Ecuador desde 1988 (12), la mayoría se encuentran en el sur (13)(14)(15)(16)(17)(18)(19)(20) y pocos en el Norte (21)(3)(22)(23). En los páramos del Ecuador existen diferencias en las condiciones ambientales de las zonas del norte y central con la del sur. En la zona norte y central, el clima permanece húmedo la mayor parte del año, en estas zonas encontramos la mayor cantidad de volcanes, por lo tanto, el tipo de roca madre es de origen volcánico reciente y sus suelos contienen ceniza volcánica. Mientras que en el sur el clima es más seco, encontrando montañas que pocas veces alcanzan más de los 4000 m.s.n.m y los suelos no se encuentran sobre depósitos volcánicos (4).

El volcán Chimborazo está ubicado en los Andes centrales al occidente del arco volcánico del Ecuador, es un estratovolcán presente desde el Pleistoceno tardío (24). Estudios de campo basados en análisis de radiocarbono a partir de ceniza y paleosuelos, evidencian erupciones a intervalos bastante regulares durante el Holoceno desde 8000 – 1000 años antes del presente, con las últimas erupciones alrededor de los 420 d.C y a finales del siglo VII (25).

En el estudio realizado en el volcán Chimborazo por Morueta-Holme *et al.*, 2015, se evidencia cambios en la distribución de especies de plantas y las zonas de vegetación descritas en 1802 por Humboldt, que reflejan la expansión del páramo y encuentran “Pajonal” (Poaceae) en límites inferiores a los reportados hace 200 años, así como la “vegetación de Gentianas” de Humboldt (*Gentiana*, *Gentianella* y *Chuquiraga*) en límites superiores. Además, se evidencia un retroceso de los glaciares que permite la colonización a mayor altitud de especies vegetales. Según Morueta-Holme *et al.*, 2015, estas variaciones son consecuencia del calentamiento global (26).

Este estudio tiene como objetivos determinar los cambios en la composición vegetal de la zona alto andina del volcán Chimborazo ocurridos durante los últimos 2800 años cal AP

(Holoceno tardío) mediante el análisis del polen y esporas. Además, evidenciar la posible actividad antropogénica; incendios locales y regionales por medio del registro de carbón fósil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

El sitio del cual se extrajo el núcleo de sedimento se encuentra ubicado en la cara oeste del volcán Chimborazo, provincia de Chimborazo, a una altura de 4200 m.s.n.m, sus coordenadas son 1°28'16.93"S 78°45'32.74'O (Fig. 1), el sitio es un valle glaciar en forma de U y presenta un suelo anegado.

### Descripción de la vegetación

La vegetación del sitio de estudio está constituida por penachos de gramíneas, arbustos pequeños, almohadillas, hierbas cespitosas con hojas pequeñas, coriáceas y pubescentes, adaptaciones que les permiten sobrevivir a las duras condiciones climáticas de este ecosistema y briofitas. En el sitio de estudio se identificaron 27 especies de plantas vasculares y 9 briofitas. Se encontraron los siguientes grupos de plantas vasculares en orden de importancia: 1) Poaceae con el 33% de cobertura, representada por (*Calamagrostis intermedia*, *Calamagrostis* sp., *Poa* sp., *Agrostis* sp.), 2) Rosaceae con una cobertura 33% (*Lachemilla orbiculata*, *Lachemilla jamesonii*), 3) Apiaceae 6% (*Azorella* sp., *Niphogeton* sp.), 4) Geraniaceae 6% (*Geranium sibbaldioides*, *Geranium stramineum*, *Geranium multipartitum*) y 5) Asteraceae con el 4% (*Cotula mexicana*, *Senecio thephrosioides*, *Senecio repens*, *Hypochaeris* sp.). El resto representan menos del 1% (*Carex* sp., *Valeriana microphylla*, *Plagiobothrys* sp., *Cardamine* sp., *Stellaria recurvata*, *Gentianella foliosa*, *Halenia* sp., *Gunnera* sp., *Sibtorpia repens*, *Ranunculus praemorsus*, *Arcytophyllum* sp., *Valeriana* sp.). En cuanto a briofitas tenemos una cobertura de 6% de *Leptodontium*, 3 % de *Breutelia*, y menos del 1% *Riccardia*, *Dicranum*, *Metzgeria*, *Jensenia*, *Plagiochila dependula* y *Drepanocladus uncinatus*.



## **Análisis del sedimento**

El núcleo de sedimento, de 92 cm de longitud, se extrajo de una turbera con la ayuda de una barrena (Russian corer). El sedimento se colocó en tubos de PVC de 50 cm cubiertos con un plástico protector y posteriormente, se almacenó bajo condiciones oscuras y frías (4°C), para su mejor conservación.

En la fase de laboratorio se realizó el análisis estratigráfico el cuál consistió en una descripción detallada del sedimento, determinando presencia de ceniza, materia orgánica, tipo de suelo, entre otros. En cuanto a la cronología del sedimento a estudiarse, se sometieron dos submuestras, las cuales contenían material orgánico y fragmentos de carbón, a una datación de radiocarbono por medio de la Espectrometría de Aceleración de Masas. Las dataciones del  $^{14}\text{C}$  fueron calibradas por medio del software CalPal, usando la curva de calibración CalPal2007\_HULU.

Para el análisis palinológico, el sedimento Chimborazo I (CH1) fue muestreado a intervalos de 2 cm tomando 46 submuestras de  $0.50\text{ cm}^3$ . Todas las submuestras fueron procesadas por el pre-tratamiento estándar (27) y se elaboraron las respectivas placas. Para el conteo de granos de polen y esporas se utilizó el programa Easycount. Se contabilizaron un mínimo de 300 granos de polen por placa. Para la identificación de polen y esporas, se utilizaron la guía de polen de Colombia publicada por Hooghiemstra (1984), la base de datos del Departamento de Palinología y Dinámica del Clima, Universidad de Göttingen, la cual contiene aproximadamente 3000 tipos de polen Neotropicales y la base de datos del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

Adicionalmente, en cada placa se contabilizaron partículas de carbón y se clasificaron en 2 categorías: 10 a  $125\text{ }\mu\text{m}$  (incendios regionales) y  $> 125\text{ }\mu\text{m}$  (incendios locales) con el fin de estimar la procedencia del fuego (28).

## **Representación de los diagramas**

El registro de polen fósil (historia de la vegetación) se representó en dos diagramas los cuales se encuentran en porcentajes obtenidos a partir de los datos de contabilización de polen y esporas: el diagrama detallado, en el cual encontramos los diferentes taxones agrupados en ecosistemas y el diagrama de sumas, que presenta la suma de los taxones de cada ecosistema. Los programas TILIA y TILIAGRAPH (29), se usaron para el cálculo de datos e ilustración de los diagramas respectivamente.

## **Análisis de los datos**

Por medio del programa CONNIS se realizó un dendrograma (análisis cluster) para dividir el diagrama de polen en zonas de edad, además con la ayuda del programa CalPal se obtuvo la edad calibrada.

## RESULTADOS

### Estratigrafía

El núcleo de sedimento extraído del volcán Chimborazo (CH1) varía entre arcilloso y arenoso, incrementando la composición de materia orgánica presente en la muestra a medida que se acerca a la superficie. Es decir, entre los 92 a 55 cm, está presente material arcilloso-arenoso con un color café oscuro y partes veteadas con beige. Entre los 55 y los 23.5 cm, se evidencia material arcilloso con ceniza y presencia de raíces. El color es café oscuro vetado con negro y beige. Entre los 23.5 a 10 cm, el material es arcilloso-arenoso con presencia de materia orgánica, color café oscuro. De 10 a 0 cm, la materia orgánica es abundante y presenta raíces, caracterizado por un color café oscuro (Tabla 1).

### Cronología

La cronología del núcleo extraído en el Chimborazo (CH1), está determinada por dos dataciones de radiocarbono. La primera datación realizada a 77 cm de profundidad tiene una edad calibrada de  $2285 \pm 60$  años, mientras que la segunda realizada a 44 cm de profundidad tiene una edad calibrada de  $1176 \pm 57$  años AP (Tabla 2). La tasa de sedimentación varía entre 0.29 y 0.35 mm/año. El promedio de la tasa de sedimentación del núcleo es de 0.32 mm/año, en detalle, entre los 2789 a los 1176 años calibrados AP. La tasa de sedimentación es 0.29 mm/año que corresponde a las subzonas CH1-IA, CH1-IB y CH1-IIA y 0.35 mm/año entre los 1176 a los 0 años calibrados AP que corresponde a las subzonas CH1-IIB y zona CH1-III.

### Descripción del diagrama de polen y sus zonas correspondientes

En el diagrama de polen se visualiza el porcentaje relativo de los diferentes taxones de polen y esporas. El número total de taxones de polen identificados fue de 44 (Tabla 3), sin embargo

los más representativos fueron 31. En cuanto a las esporas, se encontraron cuatro taxones, el más representativo fue *Phlegmariurus* antes conocido como *Huperzia*. Para la representación en los diagramas de los diferentes taxones de polen y esporas, se tomaron en cuenta valores > 1%. Por medio del análisis cluster, se determinaron tres diferentes zonas (CH1-I a III), y cuatro subzonas (CH1-IA, CH1-IB, CH1-IIA y CH1-IIB). En el diagrama de sumas se visualiza el polen agrupado en diferentes tipos de ecosistemas (Fig. 2).

La concentración de polen varía entre 2581 – 69014 granos/cm<sup>3</sup> en las zonas CH1-I y CH1-II sin encontrar diferencias significativas, sin embargo, en la zona CH1-III encontramos los valores más altos entre 2682 – 863352 granos/cm<sup>3</sup>. La tasa de acumulación del polen varía entre 91 – 2053 granos/cm<sup>2</sup>/año en las zonas CH1-I y CH1-II y al igual que la concentración de polen los valores más altos se encuentran en la zona CH1-III entre 95 – 30734 granos/cm<sup>2</sup>/año. La concentración de carbón de 10 – 125 µm presenta altas concentraciones en las zonas CH1-II (1651629 – 150383700 partículas/cm<sup>3</sup>) y CH1-III (1738556 – 114744700 partículas/cm<sup>3</sup>), la tasa de acumulación de carbón mantiene el mismo patrón en las zonas CH1-II (58796 – 5353460 partículas/cm<sup>2</sup>/año) y CH1-III (61890 – 4084764 partículas/cm<sup>2</sup>/año). La concentración de carbón > 125 µm (0 – 1564701 partículas/cm<sup>3</sup>), muestra las más altas concentraciones en la subzona CH1-IIA, al igual que la tasa de acumulación de carbón (0 – 55701 partículas/cm<sup>2</sup>/año) en la subzona CH1-IIA (Fig. 4).

**Subzona CH1-IA** (92-76 cm; ca. 2789–2251 años cal AP, 8 muestras) En esta subzona el BMB tiene una representación de 6-14% dominada claramente por Moraceae-Urticaceae (6-13%) y una baja representación de *Hieronyma* sp. (1%) presente en la base de la subzona. La zona de transición de BMB-BMA está representado en su totalidad por *Piper* sp. (2%) presente únicamente en la base de la subzona. El BMA tiene una representación de 5-10%, principalmente por la presencia de *Clethra* sp. (2-7%), *Ilex* sp. (3%), *Alnus* sp. (2%), *Hedyosmum* sp. (2%), Solanaceae (1%) presentes en casi toda la subzona. En la zona de

transición de BMA-PAR (20-30%), Asteraceae está altamente representada 30%. Rubiaceae (2%) y Lamiaceae (1%) están presentes en toda la subzona. El Páramo es el tipo de vegetación con la mayor representación (45-60%), dominado por Poaceae (25%), Cyperaceae (15%), Gentianaceae (10%), Plantaginaceae (8%), mientras que *Geranium* sp., Caryophyllaceae, Brassicaceae, *Ranunculus* sp. presentan un 2%, *Hypericum* 1%. IHU (1%), está representada por Amaranthaceae/Chenopodiaceae. Las LYC, están representadas en su totalidad por *Phlegmariurus* sp. (7-25%).

**Subzona CH1-IB** (76-58 cm; ca. 2251–1646 años cal AP, 9 muestras) El BMB incrementa en porcentaje con respecto a la subzona anterior (11-30%). El incremento se debe únicamente a la presencia de Moraceae/Urticaceae. La zona de transición de BMB-BMA está caracterizada por la ausencia de *Croton* sp., pero *Piper* sp. está presente al final de la subzona (4%). El BMA (5-11%), está representado por *Clethra* sp. (2-7%), Solanaceae (1-3%), *Alnus* sp. (1-2%), *Hedyosmum* sp. (1%) y *Myrica* sp. (1%); *Ilex* sp. está ausente. La zona de transición de BMA-PAR disminuye con respecto a la subzona anterior (8-15%). Este descenso en porcentaje está dado por Asteraceae (7-18%); Rubiaceae (1-3%) y Lamiaceae (1-2%) se mantienen constantes. En el Páramo la representación es bastante similar a la subzona anterior (40-65%), en cuanto a Poaceae (13-24%), Cyperaceae (5-15%) y Plantaginaceae (2-6%) que dominan esta subzona. Gentianaceae (11-25%), Brassicaceae (1-4%) y *Geranium* sp. (1-4%) aumentan, al igual que el porcentaje de *Valeriana* sp. este hacia el final de la subzona 1%. Caryophyllaceae (1-3%) y *Ranunculus* sp. (1-3%), se mantienen constantes. En IHU aumenta el porcentaje (1-4%) de sus dos taxones Amaranthaceae/Chenopodiaceae 0-3% y *Muelenbeckia/Rumex* 1%. Las LYC (18-90%), están representadas en su totalidad por *Phlegmariurus* sp. la cual aumenta su porcentaje.

**Subzona CH1-IIA** (58-36 cm; ca. 1646–951 años cal AP, 11 muestras) En esta subzona el BMB (15-40%) alcanza su mayor representación, dominado por Moraceae/Urticaceae (20-

35%). *Acalypha* sp. (3%) está presente con unos ligeros picos. La zona de transición de BMB-BMA (3-10%) aumenta su porcentaje en relación a la zona anterior por la presencia de *Piper* sp. El BMA (4-9%) se mantiene constante con *Clethra* sp. (2-7%), Solanaceae (1-3%), *Alnus* sp. (1-2%) y *Myrica* sp. 1%. *Hedyosmum* sp. (4%) aumenta su porcentaje y alcanza su mayor representación, *Myrsine* sp. 2% y *Wienmannia* sp. 1%, *Ilex* está ausente. La zona de transición de BMA-PAR (2-13%) disminuye notablemente. Asteraceae (5-11%) y Rubiaceae (1%) marcan la representación de esta subzona. Lamiaceae 1%, está presente en la parte final de la subzona. El Páramo (40-52%) mantiene un alto porcentaje, sin embargo, es la menor representación en las zonas analizadas, Poaceae (10-14%), Plantaginaceae (5-10%) aumenta ligeramente, Cyperaceae (8-15%), Gentianaceae (7-13%), este último taxón disminuye considerablemente, *Geranium* sp. (2-4%), Caryophyllaceae (2-5%), Brassicaceae (1-6%) aumenta, *Ranunculus* sp. 1%, presencia de *Gunnera* sp. 2%, *Hypericum* sp. 1% en la base la subzona y *Valeriana* sp. 1% en la parte superior de la subzona. En IHU (1-5%) encontramos Amaranthaceae/Chenopodiaceae entre 2-4% muy similar a la subzona anterior y *Muelenbeckia/Rumex* 0-1%. Las LYC (18-92%), están representadas en su totalidad por *Phlegmariurus* sp. de manera muy similar a la subzona anterior.

**Subzona CH1–IIB** (36-18 cm; ca. 951–445 años cal AP, 9 muestras) El BMB (6-15%) disminuye con respecto a la subzona anterior. Moraceae/Urticaceae (5-15%) domina la subzona, *Acalypha* sp. 1%. La zona de transición de BMB-BMA (2-6%) está representada en su totalidad por *Piper* sp. El BMA (5-12%) aumenta su porcentaje. *Clethra* sp. (3-11%) alcanza el mayor porcentaje con respecto al resto de subzonas, Solanaceae 3%, *Hedyosmum* sp. 2% disminuye, *Alnus* sp. 1-2% se mantiene constante. *Myrica* sp. (2%) *Weinmannia* sp. (2%) e *Ilex* sp. (2%) aumentan su porcentaje levemente. *Myrsine* sp. (1%) disminuye ligeramente. La zona de transición de BMA-PAR (3-12%) dominada claramente por Asteraceae (5-10%) mantiene un porcentaje similar a la zona anterior. Rubiaceae 2-3%

aumenta y Lamiaceae 1% está presente en casi toda la subzona. El Páramo (55-70%) aumenta su porcentaje con relación a la zona anterior. Poaceae (5-28%), Plantaginaceae (10-18%) y Gentianaceae (20%) incrementan ligeramente su representación. Cyperaceae (8-15%) se mantiene igual, *Geranium* sp. (3-5%) consigue su mayor porcentaje en todas las subzonas, *Ranunculus* sp. (4%) y Caryophyllaceae (7%) aumentan. Brassicaceae 5% y *Gunnera* sp. 2% se mantienen constantes. En cuanto a IHU (6-11%), se observa un aumento de Amaranthaceae/Chenopodiaceae (5-10%) y *Muehlenbeckia/Rumex* (1%). Las LYC (30-45%) disminuye considerablemente sin embargo presenta un pico en la parte final de la zona representado por *Phlegmariurus* sp. (35-45%).

**Subzona CH1–III** (18-0 cm; ca. 445–0 años cal AP, 10 muestras) Por último en esta zona el BMB (5-10%) tiene la menor representación, Moraceae/Urticaceae (3-10%) mantiene un porcentaje relativamente alto, *Hieronyma* sp. 2% es relativamente constante y *Acalypha* sp. (1%) está presente solamente en la parte superior de la zona. La zona de transición de BMB-BMA (3-5%) se mantiene constante *Piper* 4% y la presencia de *Croton* 1%. El BMA (20%) aumenta su porcentaje debido a *Wienmannia* sp. (9%) y Solanaceae (3%), mientras que *Alnus* sp. (2%) se mantiene constante. *Clethra* sp. (4%), *Hedyosmum* sp. (1%) y *Myrica* sp. (1%) disminuyen. *Myrsine* (1%) presente únicamente en la parte superior de la zona, y la presencia de Melastomataceae (2%) e *Ilex* está ausente. La zona de transición de BMA-PAR (15-30%) aumenta evidenciando unos picos muy marcados por Asteraceae (15-30%). Ericaceae (1%) está presente en la parte superior de la zona. Rubiaceae y Lamiaceae están ausentes. El Páramo (55-80%) incrementa su porcentaje visiblemente con Poaceae (20-65%), Plantaginaceae (30-55%), Cyperaceae (10-20%), Gentianaceae (5-25%) continúan dominando la zona. *Gunnera* sp. (2%), *Valeriana* sp. 1% e *Hypericum* sp. 1% están presentes. *Geranium* sp., Caryophyllaceae, *Ranunculus* sp., Brassicaceae, (0-1%) disminuyen considerablemente y presentan sus porcentajes más bajos. En IHU (0-5%) baja,

Amaranthaceae/Chenopodiaceae (0-3%) disminuye y *Muehlenbeckia/Rumex* (1%). En cuanto a las LYC *Phlegmariurus* sp. está casi ausente sin embargo presenta un pico en la base de la zona de alrededor 25%.



## DISCUSIÓN

El estudio paleoecológico realizado en el volcán Chimborazo a 4200 m.s.n.m, evidencia cambios en la composición vegetal de la zona de estudio durante el periodo investigado. En el área de estudio existe un claro dominio de taxones de páramo, principalmente Poaceae, Plantaginaceae, Gentianaceae, Cyperaceae y *Phlegmariurus* sp., (evidencias de un páramo de pajonal relativamente húmedo a lo largo de todo el periodo).

Durante el periodo comprendido entre 2800 - 1700 años cal AP, que corresponde a la zona Chimborazo I (**CHI-I**), el área de estudio se encontraba dominada por un páramo de pajonal húmedo. Las esporas de *Phlegmariurus* sp. presentes en este período sugieren humedad, aumentando considerablemente su representación desde los 2100 años cal AP hasta finalizar el periodo. Además la presencia taxones arbustivos localizados en la zona de transición cercana al páramo (PAR) es muy importante. El páramo se encuentra altamente representado, especialmente por Poaceae. El BMB mantiene una representación estable con tendencia al aumento y está dominado por Moraceae/Urticaceae taxón muy importante de los neotrópicos debido a su amplio rango de distribución y a la amplia dispersión por el viento (30). La zona de transición de BMB-BMA esta pobremente representada por *Piper* sp., presente durante los 2800 a 2500 años cal AP, el cual es característico de bosques secundarios (31). El BMA está representado principalmente por árboles y arbustos de *Clethra* sp., *Ilex* sp. y en menor proporción *Alnus* sp., *Hedyosmum* sp., Solanaceae y *Myrica* sp. La presencia de *Ilex* sp. entre los 2800 a 2200 años cal AP y *Hedyosmum* sp., con una menor representación, sugieren un ambiente húmedo del BMA durante este periodo. El estudio realizado por Bakker *et al.*, 2008 (5), en la Reserva Biológica de Guandera al norte del Ecuador, encuentra un dominio de especies de bosque muy similar. Al igual que un incremento de Asteraceae durante este periodo, como se evidencia en la zona de transición de BMA-PAR, que sugiere presencia de arbustos cercanos al sitio de estudio (22). Rubiaceae está asociada a suelos húmedos y

Lamiaceae representada mayoritariamente por hierbas, caracterizan esta zona (31). El PAR, que es siempre el ecosistema mejor representado, se encuentra dominado por Poaceae, Gentianaceae, Plantaginaceae y Cyperaceae. Estos dos últimos taxones sugieren la presencia de pantanos en el sitio de estudio (22), el cual es un valle de origen glaciar. Además la presencia de Gentianaceae entre los 2100 y 1700 años cal AP, es muy importante y sugiere condiciones saludables en este ecosistema (26). *Geranium* spp., Caryophyllaceae spp., *Ranunculus* spp., y Brassicaceae spp. son hierbas pequeñas asociadas a condiciones húmedas y están presentes durante este periodo (31). En cuanto a Intervención Humana (IHU), encontramos una baja representación de Amaranthaceae/Chenopodiaceae al principio de este periodo pero aumenta ligeramente hacia el final de la zona. *Muehlenbeckia/Rumex* sp. presente solamente durante 2200 a 1700 años cal AP. Estos dos taxones sugieren la existencia de asentamientos humanos en esta parte de los Andes Ecuatorianos durante los últimos 2000 años (5). Las esporas de *Phlegmariurus* sp. entre los 2200 a 1700 años cal AP, confirman que las condiciones del sitio de estudio eran húmedas y dominadas por taxones de Páramo. La baja abundancia de partículas de carbón indica ausencia de quemas tanto regionales como locales durante este periodo.

A partir de 1700 - 400 años cal AP que corresponde al segundo periodo y comprende la zona **CH1-II**, el Bosque Montano aumenta su representación, principalmente por la mayor presencia de BMB dominado por Moraceae/Urticaceae y BMB-BMA. Las esporas representadas por *Phlegmariurus* sp. alcanzan su mayor representación pero disminuyen hacia los 1000 años cal AP, coincidiendo con el inicio del periodo óptimo climático medieval (1200 - 900 años cal AP), caracterizado por un aumento de temperatura (32). El sitio de estudio durante los 1700 – 400 años cal AP continúa dominado por un páramo de pajonal húmedo, con un ligero aumento de temperatura desde 1200 años cal AP. El BMB está dominado por Moraceae/Urticaceae; en estas familias la estrategia de polinización es la

anemofilia (dispersión por viento) (33). Por lo cual hay una gran producción de polen y una sobrerrepresentación de este taxón de BMB durante este periodo; principalmente entre los 1700 a 1000 años cal AP. La presencia de *Acalypha* sp. que son hierbas sugiere áreas disturbadas en este ecosistema (31). La zona de transición de BMB-BMA aparece dominada por *Piper* spp. un género pionero mayoritariamente de arbustos (31). En el BMA algunos taxones incrementan ligeramente su representación, *Hedyosmum* sp. sugiere un suelo húmedo y el aumento de una vegetación cerrada (22)(14). *Alnus* sp. está presente en casi todo el periodo, *Weinmannia* sp. con una presencia discontinua en el BMA (34). *Myrica* sp., y *Myrsine* sp. son taxones pioneros característicos de áreas disturbadas representados por pequeños árboles y arbustos (34)(35). *Clethra* sp. indica una recuperación del bosque (35) incrementando su representación al final del periodo después de la mayor abundancia de partículas de carbón. El aumento de taxones de bosque sugiere una expansión del Bosque Montano manteniendo las condiciones húmedas del ambiente y un aumento de temperatura durante este período (14), como también se evidencia en el estudio realizado por Villota *et al.*, 2014, en el Parque Nacional Llanganates. Los taxones de la zona de transición de BMA-PAR disminuyen, Rubiaceae, Asteraceae y Lamiaceae presentan valores bajos que indican una disminución de arbustos o de la misma zona de transición (22). El PAR disminuye, principalmente Gentianaceae, sin embargo, al final de la zona vuelve a incrementar su representación; Plantaginaceae, *Ranunculus* sp. y Cyperaceae se mantienen estables sugiriendo condiciones húmedas del ambiente (22)(14)(36). Poaceae mantiene su representación sugiriendo al pajonal como el tipo de vegetación dominante (37). *Gunnera* sp., aunque en baja representación crece en suelo húmedo pero su presencia puede indicar que cuerpos de agua (lagunas) se están secando y aprovecha ese suelo disponible (31). *Brassicaceae* spp. hierbas pequeñas, típicas de superpáramo especialmente especies como: *Eudema*, *Draba*, *Brayopsis*, crecen bien en arenales de alta montaña. Además *Valeriana* spp.

son arbustos que toleran un amplio rango de distribución típicos de los páramos. En cuanto a IHU, *Amaranthaceae/Chenopodiaceae* aumenta a diferencia de *Muehlenbeckia/Rumex* que encontramos al inicio del periodo y unos ligeros picos al final del mismo, evidenciando la presencia de actividad humana, probablemente agricultura en áreas más o menos cercanas. Por último *Phlegmariurus* sp., con una gran representación entre los 1700 a 1000 años cal AP y un último pico entre los 700 a 400 años cal AP, indica suelos húmedos disponibles, probablemente por retracción de cuerpos de agua. La alta concentración de partículas de carbón tanto de 10 - 125  $\mu\text{m}$  como  $> 125 \mu\text{m}$  durante este periodo, sugieren incendios locales y regionales y coinciden con eventos eruptivos del volcán Chimborazo, ocurridos entre los 1500 y 1300 años cal AP (25). Los cuales son evidentes en la estratigrafía del sedimento durante este periodo, ya que encontramos material arcilloso con presencia de ceniza volcánica.

Finalmente durante los últimos 400 años cal AP, periodo que comprende la zona **CH1-III**. El área de estudio se mantiene dominada por un páramo de pajonal húmedo con una tendencia al calentamiento, por la disminución de algunos taxones indicadores de humedad. El BMB y BMB-BMA disminuyen aunque con altibajos. El BMB presenta unos picos dados por *Moraceae/Urticaceae*. Encontramos también la presencia de *Hieronyma* sp. asociado a pantanos, lo que indica que se mantienen las condiciones húmedas y *Acalypha* sp. aunque no muy abundante es característico de áreas disturbadas (31). La zona de transición de BMB-BMA está representada por *Piper* sp. que disminuye ligeramente en relación al periodo anterior y por *Croton* sp. una especie pionera típica; ambas caracterizan una vegetación arbustiva (31). El BMA presenta un pico debido a *Weinmannia* sp. y *Clethra* sp., que rápidamente disminuyen durante los últimos 200 años cal AP, sugiriendo un aumento de disturbios generados por la actividad antropogénica especialmente durante los últimos 300 años cal AP (34). Lo mismo ocurre con *Melastomataceae* que indica regeneración del bosque

(17), *Hedyosmum* sp., Solanaceae y *Alnus* sp. presentan una disminución al final del periodo. *Myrica* sp., y *Myrsine* sp. especies pioneras presentes en sitios disturbados mantienen una representación baja (35). En la zona de transición de BMA-PAR encontramos un claro dominio de Asteraceae lo que indica mayor presencia de arbustos o el aumento de la zona de transición (5). El páramo dominado por Poaceae aumenta su representación durante los últimos 200 años asociado a quemas o agricultura. Lo cual concuerda con el estudio realizado por Morueta-Holme *et al.*, 2015 (26), que indica una gran expansión de Poaceae en los páramos en los últimos 200 años (26). Gentianaceae disminuye notablemente sugiriendo condiciones menos saludables en este ecosistema. Encontramos la presencia de otros taxones de páramo como Plantaginaceae y Cyperaceae, asociados a humedad. *Hypericum* sp. y *Valeriana* sp., indican la presencia de arbustos pequeños de páramo (31). La disminución de *Gunnera* sp., y *Ranunculus* sp., en los últimos años junto con *Phlegmariurus* sp., sugieren una ligera desecación del ecosistema. En cuanto a IHU, Amaranthaceae/Chenopodiaceae y *Muelenbeckia/Rumex* están presentes indicando la presencia de actividad humana cerca del lugar de estudio por actividades agrícolas y ganaderas probablemente (38). Durante este período encontramos la presencia de partículas de carbón de 10 - 125  $\mu\text{m}$  que sugieren incendios regionales y concuerdan con la disminución de taxones de bosque y el aumento del dominio de un páramo de pajonal (5).

### **Comparación con otros estudios**

Algunos resultados de otros estudios paleoecológicos realizados al sur del Ecuador concuerdan con nuestro estudio. En el Parque Nacional Podocarpus encontramos registros palinológicos realizados en Cerro Toledo a 3150 m.s.n.m (14), y en la Laguna Rabadilla de Vaca a 3312 m.s.n.m (39), que encuentran que durante el Holoceno tardío (4000 - 1500 años cal AP) hay una expansión del páramo y condiciones frías del ambiente. A partir de los 1500 - 400 años cal AP, decrece el páramo e incrementa el subpáramo; sugiriendo un aumento de

la temperatura (40), el estudio realizado en Quimsacocha a 3800 m.s.n.m indica un aumento de temperatura, además de un periodo de desecación. Weng *et al.*, 2004 (41), confirma estos resultados al realizar una revisión de estudios paleoecológicos en Ecuador y Perú analizando las variaciones que presenta *Alnus acuminata*, atribuyendo el aumento de temperatura durante este periodo, al óptimo climático medieval. Al finalizar el Holoceno durante los últimos 400 años cal AP, se evidencia un aumento del páramo como lo menciona Hansen *et al.*, 2003 (42), en el Parque Nacional Cajas al suroccidente del Ecuador, en el cual evidencia el aumento de Poaceae, Plantaginaceae y *Valeriana*, además del aumento de taxones característicos de disturbios, atribuyendo estos cambios a la actividad antropogénica (incendios, agricultura y ganadería). En el norte del Ecuador los estudios paleoecológicos presentan mayores diferencias, sin embargo, en el valle de Mullumica (43) y en Papallacta (32), hay varias similitudes en cuanto a temperatura y humedad. En el valle de Mullumica, durante los últimos 3000 años cal AP al presente, se evidencia un páramo de pajonal húmedo con ligeras variaciones en la temperatura así como en la humedad. Así como en el Chimborazo, en la región de Papallacta y el Valle de Antejos (44), se registra un ligero aumento de la temperatura a partir de los 1250 – 850 años cal AP y 2100 – 760 años cal AP respectivamente, atribuyendo este cambio al óptimo climático medieval. A diferencia de lo que se registra en el Chimborazo durante los 1100 – 600 años cal AP, en la regiones de Pantano de Pecho (45), Reserva Biológica de Guandera (5), y Llano Grande (Colombia) (46), existe una expansión del páramo reflejando un desplazamiento hacia abajo de la línea superior de bosque. La vegetación de páramo domina estos tres lugares, disminuyendo el Bosque Montano, además de presentar condiciones más frías. El conjunto de estudios (norte y sur), coinciden en un aumento de taxones indicadores de disturbios ocasionados por la actividad antropogénica durante los últimos 400 años cal AP.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Luteyn JL. Páramos: A Checklist of Plant Diversity, Geographical Distribution, and Botanical Literature. New York Botanical Garden. 1999;220:263–73.
2. Buytaert W, Céleri R, De Bièvre B, Cisneros F, Wyseure G, Deckers J, et al. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*. 2006;79(1-2):53–72.
3. Di Pasquale G, Marziano M, Impagliazzo S, Lubritto C, De Natale A, Bader MY. The Holocene treeline in the northern Andes (Ecuador): First evidence from soil charcoal. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008;259(1):17–34.
4. Podwojewski P, Poulenard J, Zambrana T, Hofstede R. Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador). *Soil Use and Management*. 2002;18(1):45–55.
5. Bakker J, Moscol Olivera M, Hooghiemstra H. Holocene environmental change at the upper forest line in northern Ecuador. *The Holocene*. 2008;18:877–93.
6. Hofstede R, Coppus R, Mena-Vásquez P, Segarra P, Wolf J. The conservation status of tussock grass páramo in Ecuador. *Ecotropicos*. 2002;15(1):3–18.
7. Bussmann RW. Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. Online [Internet]. 2005;12(2):203–16. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332005000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332005000200006&script=sci_arttext)
8. Jackson ST, Low. Looking forward from the past: History, ecology, and conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2007;5(9):455.
9. Willis KJ, Bailey RM, Bhagwat S A., Birks HJB. Biodiversity baselines, thresholds and resilience: Testing predictions and assumptions using palaeoecological data. *Trends Ecology and Evolution*. 2010;25(10):583–91.
10. Blaauw M, Christen JA. Radiocarbon peat chronologies and environmental change. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C Applied Statistics*. 2005;54(4):805–16.
11. Seddon AWR, Mackay AW, Baker AG, Birks HJB, Breman E, Buck CE, et al. Looking forward through the past: Identification of 50 priority research questions in palaeoecology. *Journal of Ecology*. 2014;102:256–67.

12. Colinvaux P A., Olson K, Liu K-B. Late-glacial and holocene pollen diagrams from two endorheic lakes of the inte-andean plateau of Ecuador. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1988;55:83–99.
13. Niemann H. Late Quaternary vegetation , climate and fire dynamics in the Podocarpus National Park region, southeastern Ecuadorian Andes. Tesis de Doctorado. Universidad de Göttingen. 2008.
14. Brunschön C, Behling H. Late Quaternary vegetation, fire and climate history reconstructed from two cores at Cerro Toledo, Podocarpus National Park, southeastern Ecuadorian Andes. *Quaternary Research*. University of Washington; 2009;72:388–99. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2009.07.001>
15. Niemann H, Behling H. Late Pleistocene and Holocene environmental change inferred from the Cocha Caranga sediment and soil records in the southeastern Ecuadorian Andes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2009;276(1-4):1–14.
16. Niemann H, Brunschön C, Behling H. Vegetation/modern pollen rain relationship along an altitudinal transect between 1920 and 3185 m a.s.l. in the Podocarpus National Park region, southeastern Ecuadorian Andes. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Elsevier B.V.; 2010;159(1-2):69–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.11.001>
17. Rodríguez F, Behling H. Late Holocene vegetation, fire, climate and upper forest line dynamics in the Podocarpus National Park, southeastern Ecuador. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2011;20(1):1–14.
18. Jantz N, Behling H. A Holocene environmental record reflecting vegetation, climate, and fire variability at the Páramo of Quimsacocha, southwestern Ecuadorian Andes. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2012;21(3):169–85.
19. Villota A, León-Yáñez S, Behling H. Vegetation and environmental dynamics in the Páramo of Jimbura region in the southeastern Ecuadorian Andes during the late Quaternary. *Journal of South American Earth Sciences*. 2012;40:85–93.
20. Jantz N. Patterns of Mountain Vegetation Dynamics and Their Responses to Environmental Changes in the South Ecuadorian Andes. Tesis de Doctorado. Universidad de Göttingen. 2013;(April):18.
21. Van der Hammen T. History of the montane forests of the northern Andes. *Plant Systematics and Evolution*. 1989;162(1-4):109–14.
22. Bakker J, Moscol Olivera M, Hooghiemstra H. Holocene environmental change at the

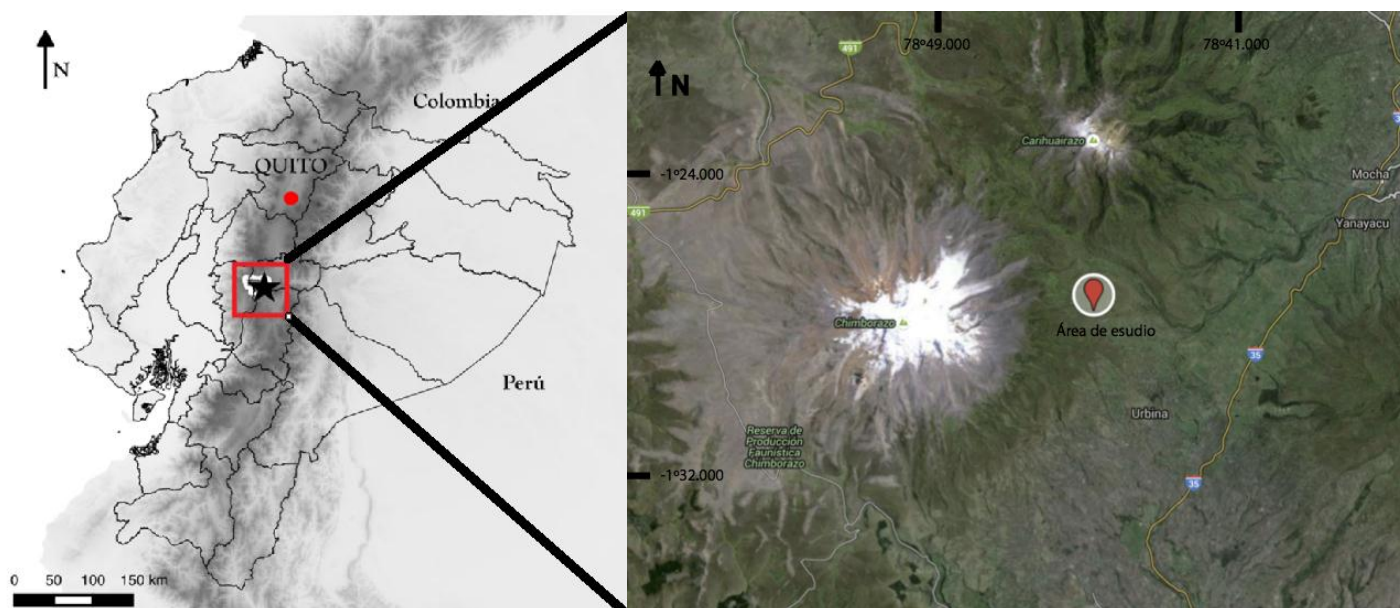


- upper forest line in northern Ecuador. *The Holocene*. 2008;18(6):877–93.
23. Olivera MM, Duivenvoorden JF, Hooghiemstra H. Pollen rain and pollen representation across a forest-páramo ecotone in northern Ecuador. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2009;157(3-4):285–300.
  24. Bernard B, Van Wyk de Vries B, Barba D, Leyrit H, Robin C, Alcaraz S, et al. The Chimborazo sector collapse and debris avalanche: Deposit characteristics as evidence of emplacement mechanisms. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2008 Sep;176(1):36–43.
  25. Barba D, Robin C, Samaniego P, Eissen J-P. Holocene recurrent explosive activity at Chimborazo volcano (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2008 Sep;176(1):27–35.
  26. Morueta-Holme N, Engemann K, Sandoval-Acuña P, Jonas JD, Segnitz RM, Svenning J-C. Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt. *PNAS*. 2015;201509938.
  27. Faegri, K. Iversen J. *Textbook of pollen analysis*. Sedimentary Geology. 1989. p. 328.
  28. Whitlock C, Larsen C. Charcoal as a fire proxy. *Track Environ Chang using lake sediments Vol 3 Terr algal siliceous Indic* [Internet]. 2001;3:75–97. Available from: <http://www.springerlink.com/index/L84138365QT56243.pdf>
  29. Grimm EC. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers and Geosciences*. 1987. 13(1):13–35. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0098300487900227>
  30. Burn MJ, Mayle FE. Palynological differentiation between genera of the Moraceae family and implications for Amazonian palaeoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2008;149(3-4):187–201.
  31. Marchant R, Almeida L, Behling H, Berrio JC, Bush M, Cleef A, et al. Distribution and ecology of parent taxa of pollen lodged within the Latin American Pollen Database. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2002;121(1):1–75.
  32. Ledru M-P, Jomelli V, Samaniego P, Vuille M, Hidalgo S, Herrera M, et al. The Medieval Climate Anomaly and the Little Ice Age in the Eastern Ecuadorian Andes. *Climate of the Past*. 2012;8(5):4295–332.

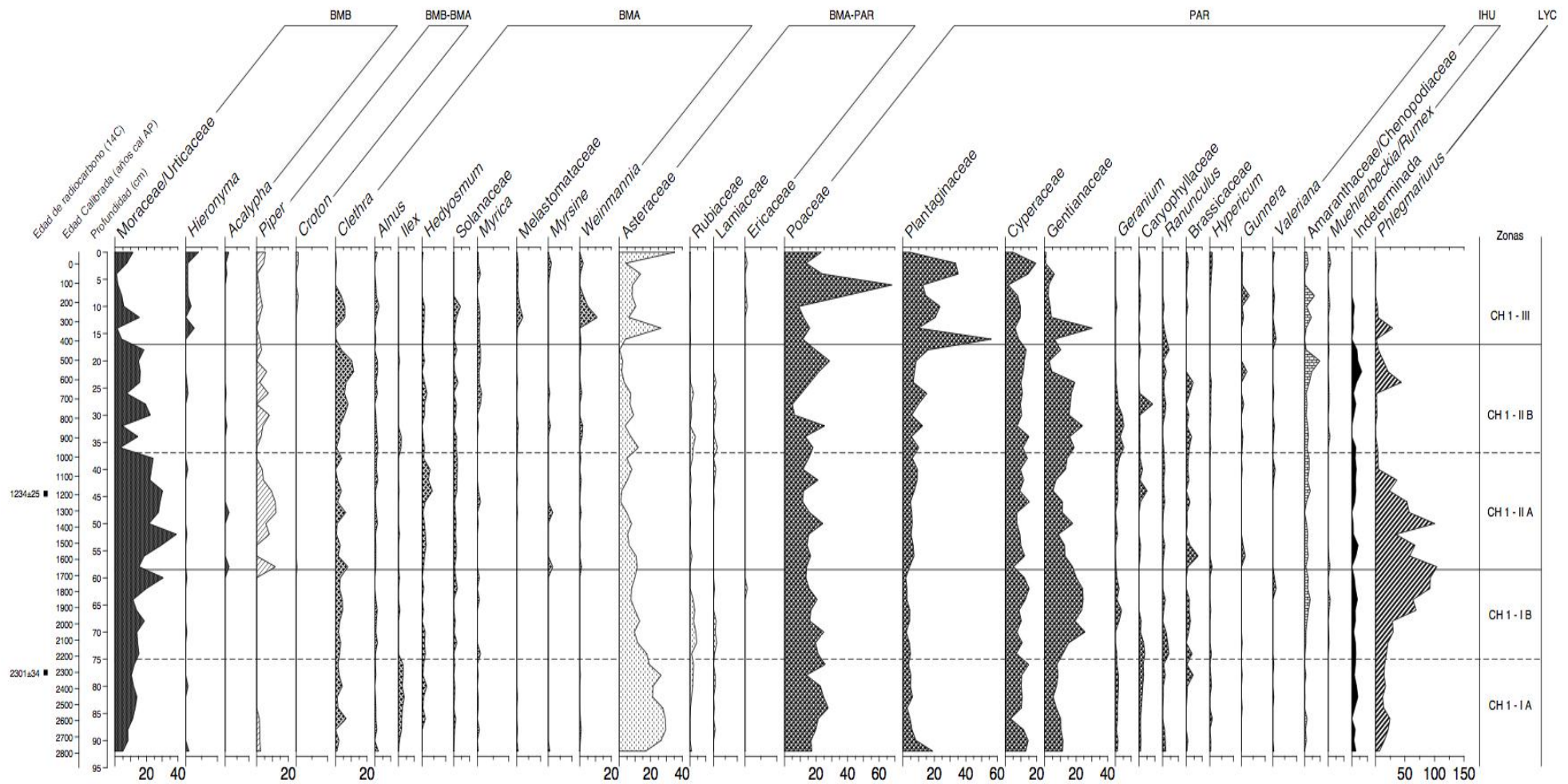
33. Gosling WD, Mayle FE, Tate NJ, Killeen TJ. Modern pollen-rain characteristics of tall terra firme moist evergreen forest, southern Amazonia. *Quaternary Research*. 2005;64(3):284–97.
34. Brunschön C, Haberzettl T, Behling H. High-resolution studies on vegetation succession, hydrological variations, anthropogenic impact and genesis of a subrecent lake in southern Ecuador. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2010;19(3):191–206.
35. Villota A, Behling H. Late Quaternary vegetation, climate, and fire dynamics: Human impact and evidence of past *Polylepis* populations in the northern andean depression inferred from the el Cristal record in southeastern Ecuador. *Ecotropica*. 2013;19:39–58.
36. Bosman a. F, Hooghiemstra H, Cleef a. M. Holocene mire development and climatic change from a high Andean *Plantago rigida* cushion mire. *The Holocene*. 1994;4:233–43.
37. Brunschön C, Behling H. Reconstruction and visualization of upper forest line and vegetation changes in the Andean depression region of southeastern Ecuador since the last glacial maximum - A multi-site synthesis. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Elsevier B.V.; 2010;163(1-2):139–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.10.005>
38. Rodríguez F, Behling H. Late Quaternary vegetation, climate and fire dynamics, and evidence of early to mid-Holocene *Polylepis* forests in the Jimbura region of the southernmost Ecuadorian Andes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier B.V.; 2012;350-352:247–57. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.07.004>
39. Niemann H, Haberzettl T, Behling H. Holocene climate variability and vegetation dynamics inferred from the (11700 cal. yr BP) Laguna Rabadilla de Vaca sediment record, southeastern Ecuadorian Andes. *The Holocene*. 2009;19(2):307–16.
40. Jantz N, Behling H. A Holocene environmental record reflecting vegetation, climate, and fire variability at the Páramo of Quimsacocha, southwestern Ecuadorian Andes. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2012;21:169–85.
41. Weng C, Bush MB, Chepstow-Lusty AJ. Holocene changes of Andean alder (*Alnus acuminata*) in highland Ecuador and Peru. *Journal Quaternary Sciences*. 2004;19:685–91.
42. Hansen BCS, Rodbell DT, Seltzer GO, León B, Young KR, Abbott M. Late-glacial and Holocene vegetational history from two sites in the western Cordillera of

- southwestern Ecuador. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2003;194(1-3):79–108.
43. Hammen T Van Der, Noldus G. Un diagrama de polen del Pleistoceno final y Holoceno de Mullumica. *Maguaré*. 2003;17:247–59.
  44. Villota A, León-Yáñez S, Behling H. Mid- and late Holocene vegetation and environmental dynamics in the Llanganates National Park, Antiojos Valley, central Ecuadorian Andes. *Palynology*. 2014;(November 2014):37–41.
  45. Wille M, Hooghiemstra H, Hofstede R, Fehse J, Sevink J. Upper forest line reconstruction in a deforested area in northern Ecuador based on pollen and vegetation analysis. *Journal Tropical Ecology*. 2002;18(03):409–40.
  46. Ruiz CAV, Churio JOR, Hammen T Van der. Paleoeología de alta resolución del Holoceno tardío en el Páramo de Frontino, Antioquia, Colombia [Internet]. *Acta Biológica Colombiana*. 2011 [cited 2015 Nov 20]. p. 71–2. Available from: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27326>

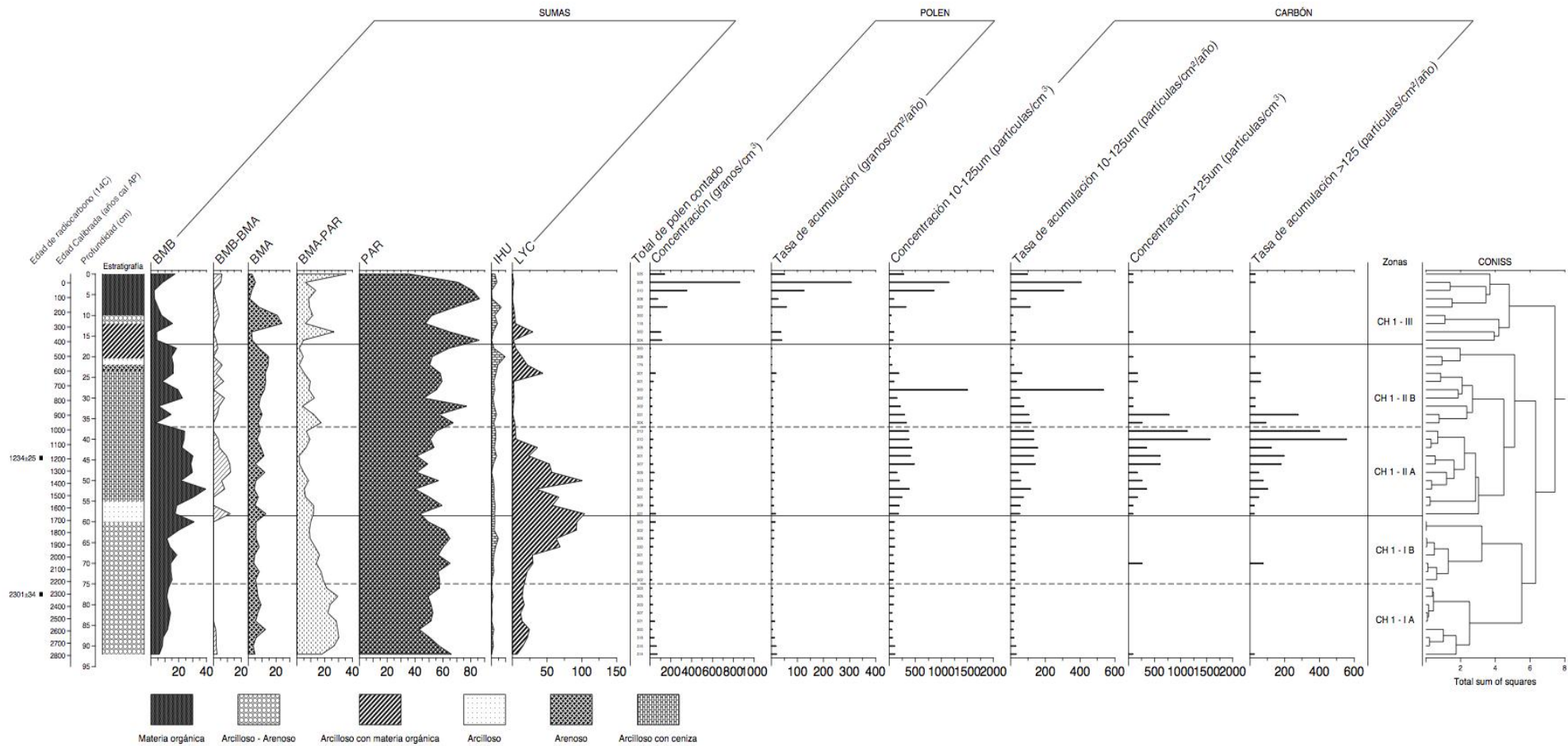
## FIGURAS



**Fig 1.** Mapa del sitio de estudio cerca al volcán Chimborazo, dentro de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, a una altura de 4200 m.s.n.m, sus coordenadas son 1°28'16.93"S 78°45'32.74'O.



**Fig 2.** Diagrama de los registros de polen y esporas en porcentajes, en el núcleo de sedimento del Chimborazo CH1, notar que la escala de algunos taxones está aumentada. **BMB**= Bosque Montano Bajo; **BMB-BMA**= Zona de transición de BMB a BMA; **BMA**= Bosque Montano Alto; **BMA-PAR**= Zona de transición de BMA-PAR; **PAR**= Páramo; **IHU**= Intervención Humana.



**Fig 3.** Diagrama de sumatorias de los registros de polen y esporas en porcentajes, en el núcleo de sedimento del Chimborazo CH1. Se observa los diferentes tipos de vegetación, la concentración de carbón (partículas de carbón/cm<sup>3</sup>) y el dendrograma mostrando las diferentes zonas y subzonas. **BMB**= Bosque Montano Bajo; **BMB-BMA**= Zona de transición de BMB a BMA; **BMA**= Bosque Montano Alto; **BMA-PAR**= Zona de transición de BMA-PAR; **PAR**= Páramo; **IHU**= Intervención Humana.

## TABLAS

**Tabla 1.** Descripción estratigráfica del núcleo del sedimento extraído del valle de origen glaciar del Chimborazo (CH1) encontrado a 4200 m.s.n.m.

Profundidad (cm)	Color	Material
0–10	café oscuro	material orgánico abundante y presencia de raíces.
10–11	beige	material arcilloso.
11–12	beige	material arenoso.
12–18	café oscuro	material arcilloso con materia orgánica.
18–20,5	café oscuro	material arcilloso, probablemente con materia orgánica descompuesta.
20,5–22	café claro ferrugineo	material arcilloso.
22–23,5	beige	material arenoso.
23,5–52	café oscuro vetado con negro	material arcilloso.
52–55	café oscuro vetado con beige	material arcilloso y ceniza, presencia de raíces.
55–60	café oscuro vetado con beige	material arcilloso.
60–92	café oscuro uniforme	material arcilloso-arenoso.

**Tabla 2.** Dataciones de radiocarbono por medio de la Espectrometría Aceleradora de Masas, del núcleo de sedimento del Chimborazo (CH1).

Tipo de Muestra	Profundidad (cm)	$^{14}\text{C}$ (años AP)	Edad calibrada
Materia orgánica	44	$1234 \pm 25$	$1176 \pm 57$
Materia orgánica	77	$2301 \pm 34$	$2285 \pm 60$



**Tabla 3.** Lista de polen identificado y esporas del núcleo del valle de origen glaciar en el volcán Chimborazo CH1.

<b>Taxón</b>	<b>BMB</b>	<b>BMB-BMA</b>	<b>BMA</b>	<b>BMA-PAR</b>	<b>PAR</b>	<b>IHU</b>	<b>Esporas</b>
Amaranthaceae/Chenopodiaceae						X	
Anacardiaceae	X						
Apiaceae					X		
Aquifoliaceae <i>Ilex</i>			X				
Arecaceae	X						
Asteraceae				X			
Betulaceae <i>Alnus</i>			X				
Brassicaceae					X		
Bromeliaceae					X		
Campanulaceae					X		
Caryophyllaceae					X		
Chloranthaceae <i>Hedyosmum</i>			X				
Clethraceae <i>Clethra</i>			X				
Clethraceae <i>Purdiaea</i>				X			
Cunoniaceae <i>Weinmannia</i>			X				
Cyperaceae					X		
Ericaceae				X			
Euphorbiaceae <i>Acalypha</i>	X						
Euphorbiaceae <i>Alchornea</i>	X						
Euphorbiaceae <i>Croton</i>		X					
Fabaceae					X		
Gentianaceae					X		
Geraniaceae <i>Geranium</i>					X		

**BMB**= Bosque Montano Bajo; **BMB-BMA**= Zona de transición de BMB a BMA; **BMA**= Bosque Montano Alto; **BMA-PAR**= Zona de transición de BMA-PAR; **PAR**= Páramo; **IHU**= Intervención Humana.

<b>Taxón</b>	<b>BMB</b>	<b>BMB-BMA</b>	<b>BMA</b>	<b>BMA-PAR</b>	<b>PAR</b>	<b>IHU</b>	<b>Esporas</b>
Gunneraceae <i>Gunnera</i>					X		
Hypericaceae <i>Hypericum</i>					X		
Juncaceae					X		
Lamiaceae				X			
Loranthaceae			X				
Melastomataceae			X				
Moraceae/Urticaceae	X						
Muehlenbeckia/Rumex						X	
Myricaceae <i>Myrica</i>			X				
Myrtaceae			X				
Phyllantaceae <i>Hyeronima</i>	X						
Piperaceae <i>Piper</i>		X					
Plantaginaceae					X		
Poaceae					X		
Poaceae <i>Zea mays</i>						X	
Primulaceae <i>Myrsine</i>			X				
Ranunculaceae <i>Ranunculus</i>					X		
Rosaceae <i>Polylepis</i>				X			
Rubiaceae				X			
Scrophulariaceae					X		
Solanaceae			X				
Valerianaceae <i>Valeriana</i>					X		
Cyatheaceae							X
<i>Phlegmariurus</i>							X
Otras esporas							X

**BMB**= Bosque Montano Bajo; **BMB-BMA**= Zona de transición de BMB a BMA; **BMA**= Bosque Montano Alto; **BMA-PAR**= Zona de transición de BMA-PAR; **PAR**= Páramo; **IHU**= Intervención Humana.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Protocolo de Pre-tratamiento Estándar para muestras de sedimento de polen fósil (Fagaery & Iversen, 1989).

<b>1. Toma de muestra</b>	1.1 Retirar una fina capa de tierra antes de tomar la muestra (limpiar la zona de muestreo).
	1.2 Tomar la muestra con una espátula y colocarla en un tubo falcon previamente etiquetado.
	1.3 Limpiar el cilindro ( $0,25\text{cm}^3/0,50\text{cm}^3$ ) y la espátula para tomar la siguiente muestra (importante evitar contaminación).
<b>2. Fase de laboratorio</b>	2.1 Colocar una tableta de Lycopodium ( $18583 \pm 762$ ) en cada tubo falcon (muestra).
	2.2 Añadir 3 ml de HCl 10% (4ml depende de cuanto carbonato).
	2.3 Esperar hasta que la tableta se disuelva y la reacción haya terminado.
	2.4 Añadir 4 ml de agua (lavado).
	2.5 Centrifugar por 5 min a 3500 revoluciones.
	2.6 Desechar lo sobrante en el envase de HCl.
	2.7 Añadir 4 ml de HF (importante usar guantes y gafas de protección).
	2.8 Dejar que reaccione por 24 horas (guardar en un lugar oscuro y tapado).
	2.9 Añadir 4 ml de agua (lavado).
	2.10 Centrifugar por 5 min a 3500 revoluciones.
	2.11 Desechar lo sobrante en el envase de HF.
	2.12 Añadir 4 ml de agua (lavado).
	2.13 Centrifugar por 5 min a 3500 revoluciones.
	2.14 Desechar lo sobrante en el lavabo.
<b>3. Acetólisis</b>	3.1 Añadir 4 ml de Ác. Acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).
	3.2 Con una paleta mezclar hasta que todo este homogéneo.
	3.3 Centrifugar por 5 min a 3500 revoluciones.
	3.4 Desechar lo sobrante en el envase de Ac. Acético.
	3.5 Realizar la solución 9:1 (9) Ác. Anhídrido acético (1) Ácido sulfúrico.
	3.6 Añadir 4 ml de la solución.
	3.7 Mezclar bien con una paleta (importante: 1 paleta por muestra).
	3.8 Colocar las muestras a baño maría por 10 min.
	3.9 Centrifugar por 5 min a 3500 revoluciones.
	3.10 Desechar lo sobrante en el envase.
	3.11 Realizar dos lavados (1) Añadir 4 ml de agua; (2) Centrifugar por 5 min a 3500 revoluciones; (3) Desechar lo sobrante en el lavabo.
	3.12 Tamizar la muestra.
	3.13 Centrifugar por 5 min a 3500 revoluciones.
	3.14 Desechar lo sobrante en el lavabo.
	3.15 Colocar la muestra en el eppendorf previamente etiquetado.
	3.16 Añadir 4 ml de Ác. Acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

PARA GRADOS ACADEMICOS DE LICENCIADOS (TERCER NIVEL)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

### **DECLARACION Y AUTORIZACION**

Yo, Alex Isaac Défaz Carrera, C.I. 1720143914 autor del trabajo de graduación titulado: **HISTORIA DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN CHIMBORAZO DURANTE EL HOLOCENO TARDÍO** previa a la obtención del grado académico de **LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en la Facultad de **Ciencias Exactas y Naturales**:

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENECYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 05 de Febrero del 2015

Sr. Alex Défaz

C.I. 1720143914

## NORMAS EDITORIALES

### Preparación de manuscritos

#### 1. Directrices generales

- Los manuscritos son aceptados en inglés y español. Se prefieren la ortografía en Inglés Americano y puntuación. Utilice comillas dobles, excepto cuando "una cita esta "dentro" de una cita". Las citas largas de 20 palabras o más deben tener una sangría entre comillas.
- Utilice la voz activa siempre que sea posible. Enviar los manuscritos a doble espacio (incluyendo referencias, tablas, leyendas de tablas y leyendas de las figuras). Usar letra Times New Roman de 12 puntos. Configurar documento con márgenes de 2,54 cm (1 pulg.) A cada lado. El texto debe estar justificado. Números de página y números de línea son necesarios para todas las secciones (figuras exentas).
- Un manuscrito típico no excederá de 9000 palabras, incluyendo títulos y notas al pie. Los originales que superan con creces esta serán revisados críticamente con respecto a la longitud. Los autores deben incluir un número de palabras con su manuscrito.
- Los manuscritos deben ser compilados en el siguiente orden: página del título (incluyendo Agradecimientos así como financiación y organismos subvencionadores); abstract; palabras clave; texto principal; expresiones de gratitud; referencias; apéndices (según el caso); tabla (s) con encabezados (s) (en las páginas individuales); encabezado de las figura (s) (como una lista).
- Se requiere que los resúmenes de un máximo de 350 palabras para todos los manuscritos presentados. Cada manuscrito debe tener de 3 a 5 palabras clave. Optimización de motores de búsqueda (SEO) es un medio de hacer que su artículo sea más visible para cualquiera que pudiera estar buscando.
- Los encabezados de sección deben ser concisos.
- Todos los autores de un manuscrito debe incluir su nombre completo, afiliaciones, direcciones postales, números de teléfono y direcciones de correo electrónico en la primera página del manuscrito. Un autor debe ser identificado como el autor correspondiente. Por favor, proporcione la afiliación, donde se realizó la investigación. Si se mueve cualquiera de los nombrados co-autores afiliación durante el proceso de revisión por pares, la nueva afiliación se puede dar como una nota al pie. Tenga en cuenta que no hay cambios en la afiliación se pueden hacer después de que se aceptó el manuscrito. Tenga en cuenta que la dirección de correo electrónico del autor correspondiente normalmente se mostrará en el PDF del artículo (en función del estilo de la revista) y el artículo en línea.
- Todas las personas que tienen una demanda razonable autoría debe ser nombrado en el manuscrito como coautores; el autor correspondiente debe ser autorizado por todos los co-autores de actuar como un agente en su nombre en todas las cuestiones relativas a la

publicación del manuscrito, y el orden de los nombres debe ser acordado por todos los autores.

- No se requieren datos biográficos de los contribuyentes para esta revista.
- Sírvase proporcionar todos los detalles requeridos por cualquier financiación y organismos subvencionadores como un reconocimiento en la portada del manuscrito, en un párrafo aparte, de la siguiente manera:
  - Para las subvenciones de las agencias individuales: "Este trabajo fue apoyado por la [Agencia de Financiación] bajo la Concesión [número xxxx]."
  - Para múltiples subvenciones de las agencias: "Este trabajo fue apoyado por la [Agencia de Financiamiento 1] bajo la Concesión [número xxxx]; [Agencia de Financiamiento 2] bajo la Concesión [número xxxx], y [Agencia de Financiamiento 3] bajo la Concesión [número xxxx]."
- Los autores también deben incorporar una declaración de divulgación que reconocer cualquier interés financiero o beneficio que han derivado de las aplicaciones directas de sus investigaciones.
- Para todos los manuscritos lenguaje no discriminatorio es obligatorio. Términos sexistas o racistas no deben ser utilizados.
- Los autores deben adherirse a las unidades del SI. Las unidades no están en cursiva.
- El uso de la nomenclatura estandarizada en la ciencia es esencial para facilitar la integración y vinculación de la información científica. Nombres de las especies deben ser en cursiva (por ejemplo, *Panthera onca*). El género y especie deben ser escritos en su totalidad, tanto en el título del manuscrito y en la primera mención de un taxón en un papel; después de eso, la primera letra del nombre del género, seguido por el nombre de la especie completa se puede utilizar. La primera cita de una especie en un documento taxonómica debe incluir la autoridad y la fecha, pero la autoridad no tiene que ser citado en las referencias. Genes, mutaciones, genotipos y alelos deben cursiva. Utilice el nombre estándar mediante la consulta de la base de datos nomenclatura genética apropiada (por ejemplo, AnolisGenome de lagartijas. Desde clasificaciones taxonómicas son inestables, los autores deben mencionar explícitamente qué disposición están siguiendo en los artículos.
- Todos los conjuntos de datos, imágenes, grabaciones, los genes, y la información pertinente debe ser depositado en los recursos públicos y los números de registro correspondientes debe tenerse en cuenta, bases de datos sugeridos.
- Cuando se utiliza una palabra que sea o se afirma que una marca patentada plazo o el comercio, los autores deberán utilizar el símbolo ® o TM.
- Los autores no deben integrar ecuaciones o archivos de imagen dentro de su manuscrito.

- Para todos los manuscritos que introducen nuevos taxones zoológicos a nivel familiar, de grupo o de abajo:

Con el fin de validar la publicación electrónica de estos taxones, se le pedirá que registre su manuscrito con ZooBank en etapa de prueba. Nuevos taxones individual no será requerido para su publicación, pero puede ser registrada por debiera usted desea. Para el registro ZooBank se vuelva visible, debe ser actualizado de forma retrospectiva con la fecha de publicación. Para obtener más información, visite el sitio web ZooBank en <http://www.zoobank.org/>

## 2. Normas de estilo

- Plantillas de Word están disponibles para esta revista. Si usted no es capaz de utilizar la plantilla a través de los enlaces o si tiene cualquier tipo de duda de la plantilla, por favor póngase en contacto con [authortemplate@tandf.co.uk](mailto:authortemplate@tandf.co.uk).

- Tipos de artículos incluyen artículos de investigación, revisiones y monografías.

• Artículos de investigación: El objetivo de los artículos de investigación es la publicación de la novela y los estudios excepcionales sobre la biodiversidad neotropical. Los temas incluyen todas las escalas de la biodiversidad, de las moléculas a los ecosistemas. Artículos de investigación deben tener un máximo de 9.000 palabras de texto (excluyendo tablas, figuras, leyendas literatura citada y material en línea suplementario), 10 figuras y cuatro tables. Introduction: La introducción debe poner el énfasis del manuscrito en una perspectiva más amplia, de forma explícita haciendo referencia a la literatura clave, y / o controversias o desacuerdos en el campo. La introducción debe concluir con una declaración que resume el objetivo y las hipótesis del estudio y un comentario acerca de si se ha logrado ese objetivo. Métodos: En este apartado se deben proporcionar suficientes detalles para permitir la reproducción de la investigación. Mencione en detalle, por ejemplo, el diseño experimental, la descripción de la fuente de los materiales utilizados, lo que se está probando y cómo se evalúa. Protocolos detallados de nuevos métodos deben ser incluidos, pero los protocolos bien establecidos deben ser única referencia. Resultados: En esta sección deben ser escritas en tiempo pasado. Indique los resultados del estudio y llame la atención en el texto a los datos presentados en tablas y figuras. Grandes conjuntos de datos deben presentarse como archivos suplementarios, que se publican en línea junto con el artículo aceptado. Discusión: La discusión debe explicar el significado de los resultados, las principales conclusiones e interpretaciones de la obra. En esta sección se debe indicar claramente si los nuevos resultados apoyan o rechazan hipótesis existentes y cuál es el impacto de la investigación en el campo. Agradecimientos: Esta sección debe enumerar las personas e instituciones que han contribuido al estudio, junto con sus contribuciones. No reconocer Editores por su nombre. Autor contribución: incluir brevemente la contribución de cada autor.

- Comentarios: El objetivo de los artículos de revisión es proporcionar un análisis exhaustivo de un tema en particular, incluyendo controversias potenciales, nuevos desarrollos y perspectivas para futuras investigaciones. Los comentarios no deben incluir datos no publicados, pero pueden incorporar nuevas perspectivas del autor. Los comentarios deben ser

escritos en un lenguaje que facilita la lectura por un público diverso, que van desde los no especialistas a los científicos profesionales. La revista fomenta el uso de cajas Glosario para explicar términos difíciles. Los comentarios deben tener un máximo de 4000 palabras, 100 referencias, cinco figuras, tres mesas, y tres cuadros de texto. El límite de palabras no incluye texto en los, referencias, figuras, tablas, cuadros de texto abstractos, caja glosario y material en línea suplementario. Introducción: En esta sección se debe destacar la pertinencia y razón de ser de la Revista. Debe incluir un resumen del estado actual de los conocimientos y claramente mencionar controversias potenciales y / o nuevos desarrollos que han alterado el campo. Cuerpo de la opinión: Esta sección debe incluir una síntesis de los acontecimientos recientes. Utilice subtítulos para destacar temas específicos y su relevancia. Observaciones finales: Al final del artículo, los autores deben incluir un resumen de la revisión, destacando los aspectos más relevantes de la misma, así como las limitaciones y la investigación futura. Agradecimientos: Esta sección debe enumerar las personas e instituciones que han contribuido al estudio, junto con sus contribuciones. No reconocer Editores por su nombre. Autor contribución: incluir brevemente la contribución de cada autor.

- Monografías: El objetivo de monografías es la publicación de la novela y los estudios excepcionales sobre la biodiversidad neotropical. Los temas incluyen todas las escalas de la biodiversidad, de las moléculas a los ecosistemas. Monografías tienen exactamente las mismas secciones y el formato que se aplican para los artículos de investigación, con la diferencia de que no hay límite para las palabras de números, figuras, tablas y suplementario en línea material. Neotropical Biodiversidad publica hasta dos monografías por año.

### 3. Las Figuras

- Proporcione el formato cifra más alta calidad posible. Para mejorar la impresión y visualización en línea, asegúrese de que todas las cifras y gráficos se suministran en las resoluciones pertinentes que figuran a continuación:
- Mínimo 1.200 ppp para la línea de arte; Mínimo 600 ppp para escala de grises; 300 dpi mínimo para el color. Las cifras se deben guardar por separado en texto. Por favor, no incrustar figuras en el archivo de manuscritos. Los archivos debe ser guardado como uno de los siguientes formatos: TIFF (formato de archivo de imagen etiquetado), PostScript o EPS (PostScript encapsulado), y deben contener toda la información de la fuente necesaria y el archivo de origen de la aplicación (por ejemplo, CorelDraw / Mac, CorelDraw / ORDENADOR PERSONAL). Deben estar numeradas todas las cifras en el orden en el que aparecen en el manuscrito (por ejemplo, la Figura 1, Figura 2). En cifras de varias partes, cada parte debe ser etiquetado.
- Los pies de figura deben guardar por separado, como parte del archivo que contiene el texto completo del manuscrito, y numerados correspondientemente. El nombre de archivo para un gráfico debe ser descriptivo del gráfico, por ejemplo, Figura 1, Figure2a.

### 4. Gráficos



Autores Biodiversidad Neotropical ahora tienen la opción de incluir un resumen gráfico en su artículo. El propósito de un resumen gráfico es dar al lector una idea clara del contenido del artículo por medio de una imagen correspondiente.

- El resumen gráfico debe tener un ancho máximo de 525 píxeles. Si su imagen es más estrecha de 525 píxeles se recomienda hacerlo sobre un fondo blanco 525 píxeles de ancho para garantizar las dimensiones se mantienen. Resúmenes gráficos deben guardarse por separado en texto. Por favor, no incrustar resúmenes gráficos en el archivo de manuscritos. Los archivos deben ser guardados como uno de los siguientes formatos: .jpg, .png o .gif. El nombre del archivo para un resumen gráfico debe ser descriptivo, por ejemplo, GraphicalAbstract1

## 5. Cargos Publicación

### Cargo la publicación del artículo

La publicación en Neotropical Biodiversidad es gratis. Además, cada artículo publicado en Biodiversidad Neotropical se publica de acceso abierto, lo que significa que el artículo es libre y permanentemente disponibles en la plataforma online de Taylor & Francis Group <http://www.tandfonline.com/>. No hay cuota de suscripción adicional, el artículo cuota de pago por visión o cualquier otra forma de tarifa de acceso; y no se aplica ningún embargo de publicación. Más información acerca de Taylor & Francis Abrir y Routledge Abrir.

### Cargos de Color

Figuras de colores serán reproducidos en el color de línea de forma gratuita.

## 6. El cumplimiento de la ética de la experimentación

- Los autores deben garantizar que la investigación se informa en los manuscritos presentados se ha realizado de una manera ética y responsable, en pleno cumplimiento con todos los códigos pertinentes de la experimentación y de la legislación. Todos los manuscritos que presenten información en experimentos in vivo o ensayos clínicos en seres humanos o animales deben incluir una declaración escrita en la sección Métodos que dicho trabajo se llevó a cabo con la aprobación formal de los sujetos o de cuidado de los animales comités humanos locales, y que los ensayos clínicos se han registrado como legislación exige.
- Los autores deben confirmar que cualquier paciente, usuario del servicio, o participante (o esa persona del padre, madre o tutor legal) en cualquier investigación, experimentación o ensayo clínico que se describe en el manuscrito ha dado su consentimiento por escrito para la inclusión de material perteneciente a sí mismos, y que reconocen que no pueden ser identificados a través del manuscrito; y que los autores los han anónima y no identificarlos de manera alguna. Cuando una persona ha fallecido, los autores deberán justificar que han obtenido el consentimiento por escrito de la familia o los bienes de la persona fallecida.
- Los autores deben confirmar que todos los procedimientos de salud y seguridad de laboratorio obligatorias se han cumplido en el transcurso de la realización de cualquier

trabajo experimental reportado en el manuscrito; y que el manuscrito contiene todas las advertencias adecuadas en relación con los riesgos específicos y particulares que pueden estar implicados en la realización de experimentos o procedimientos descritos en el manuscrito o implicados en las instrucciones, materiales o fórmulas en el manuscrito; e incluir las medidas de seguridad de forma explícita pertinentes; y citar, y si una norma aceptada o código de prácticas es relevante, una referencia a la norma o código en cuestión. Autores que trabajan en ciencia animal puede resultar útil consultar la Guía para el Tratamiento de los Animales en la Investigación del Comportamiento y Enseñanza.

## 7. La reproducción de material de derechos de autor

Si usted desea incluir cualquier material en su manuscrito en el que usted no posee los derechos de autor, debe obtener permiso por escrito del propietario del copyright, antes de su presentación. Dicho material puede ser en forma de texto, datos, tabla, ilustración, fotografía, dibujo lineal, clip de audio, video clip, película todavía, y la pantalla, y cualquier material suplementario que propondrá incluir. Esto se aplica para dirigir la reproducción (literal o fax), así como "la reproducción derivado" (donde se ha creado una nueva figura o tabla que deriva sustancialmente de una fuente de derechos de autor).

Debe asegurarse de reconocimiento adecuado es dado el permiso otorgado a usted para su reutilización por parte del titular del derecho de autor en cada figura o tabla de subtítulos. Usted es el único responsable de cualquier cargo que el titular del derecho de autor puede cobrar por la reutilización.

La reproducción de breves extractos de texto, con exclusión de poesía y letras de canciones, a los efectos de la crítica puede ser posible sin el permiso formal sobre la base de que la cita se reproduce con precisión y se da la plena atribución.

Para más información y respuestas sobre la reproducción de material de derechos de autor, por favor, consulte nuestra Guía.

Esta revista ofrece a los autores la posibilidad de licenciar su trabajo bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento (CC BY), que permite a otros distribuir, remezcla, ajustar, y construir sobre su trabajo, incluso con fines comerciales, siempre y cuando que el crédito para la creación original. Por favor, asegúrese de que el titular de los derechos de terceros materiales de derechos de autor de partidos incluidos en su papel o bien ha concedido permiso para publicar su material en los términos de licencia apropiados, o le ha concedido permiso para utilizar su material con la nota de copyright apropiada. Para mayor información, por favor consulte nuestra Guía.

## 8. Material en línea suplementario

Se anima a los autores a presentar animaciones, archivos de película, archivos de sonido o cualquier información adicional para su publicación en línea.